Введение в компьютерную графику

материалы занятий: https://compsciclub.ru/courses/graphics2018/2018-autumn/classes/
дублируются на сайте: http://www.school30.spb.ru/cgsg/cgc2018/

COMPUTER VISION

распознавание образов

IMAGE PROCESSING

обработка изображений

COMPUTER GRAPHICS

машинная графика

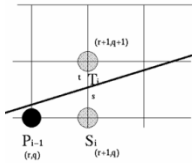
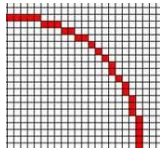
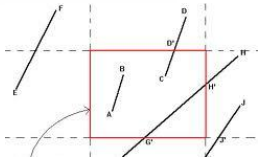
План курса

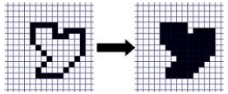
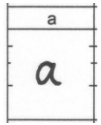
Введение



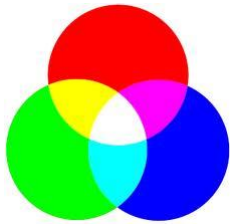
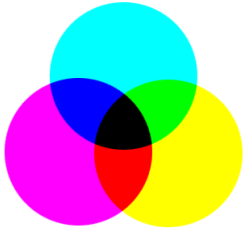
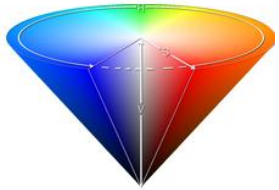
API → HAL → Hardware

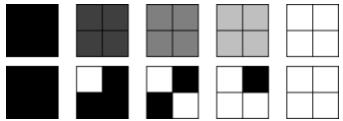
Растровая графика


Цвет



План курса

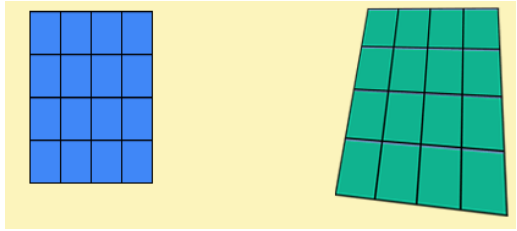
Математика для КГ

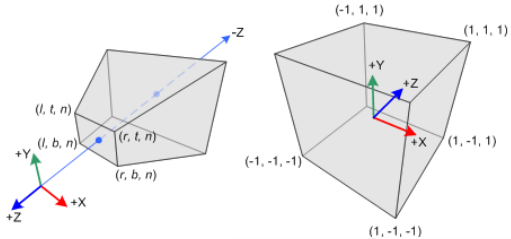
$$trans(\Delta x, \Delta y, \Delta z) = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & \Delta x \\ 0 & 1 & 0 & \Delta y \\ 0 & 0 & 1 & \Delta z \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

$$rot(x, \theta) = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & \cos\theta & \sin\theta & 0 \\ 0 & -\sin\theta & \cos\theta & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

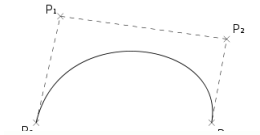
$$rot(y, \theta) = \begin{bmatrix} \cos\theta & 0 & -\sin\theta & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ \sin\theta & 0 & \cos\theta & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

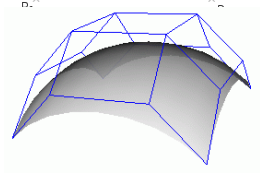
$$rot(z, \theta) = \begin{bmatrix} \cos\theta & \sin\theta & 0 & 0 \\ -\sin\theta & \cos\theta & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

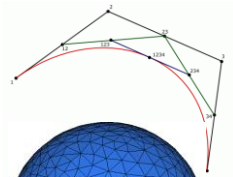


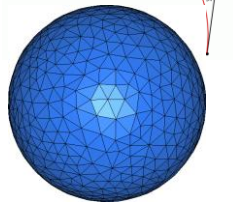


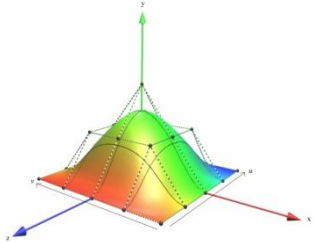
Кривые и поверхности





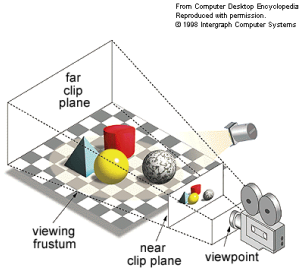




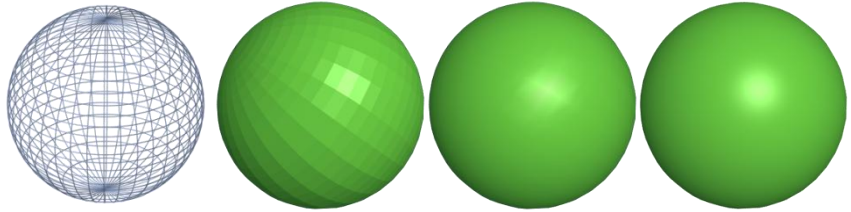


План курса

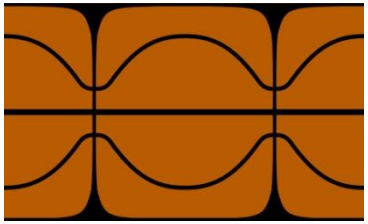
Визуализация



Удаление невидимых линий и поверхностей



Освещение и тонирование

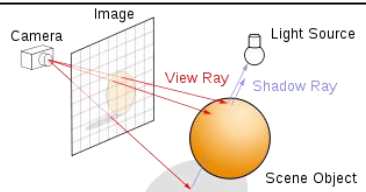


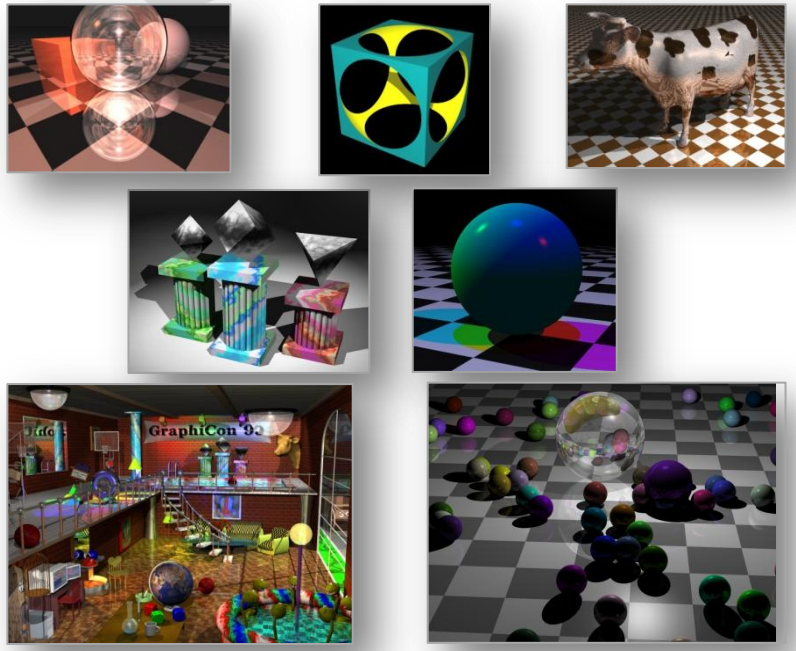
Текстурирование

План курса

Алгоритм трассировки лучей

- *Базовый алгоритм*
- *Модели освещения*
- *Методы оптимизации*
- *Шум*
- *Распределенная трассировка лучей*

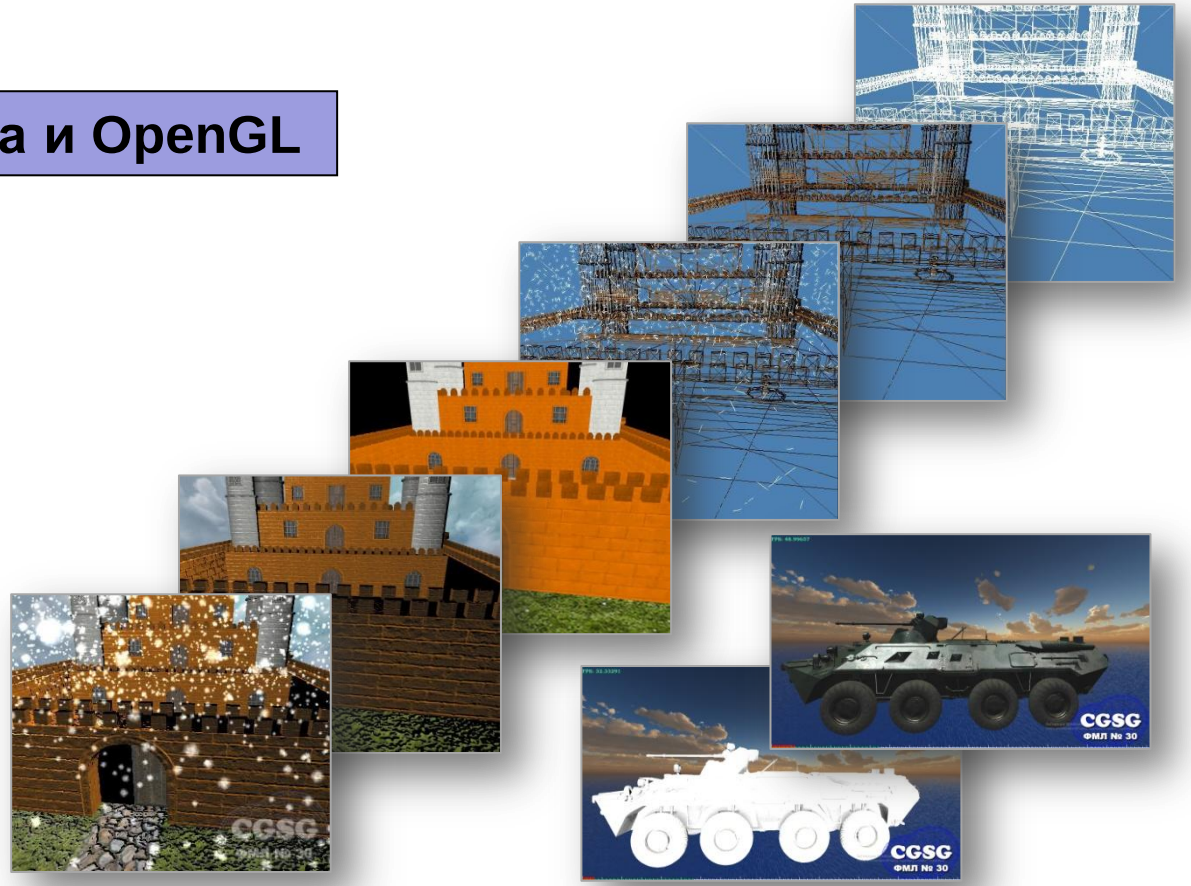




План курса

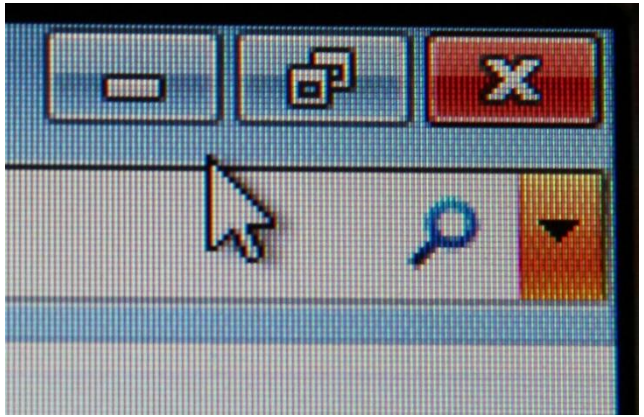
Динамическая 3D графика и OpenGL

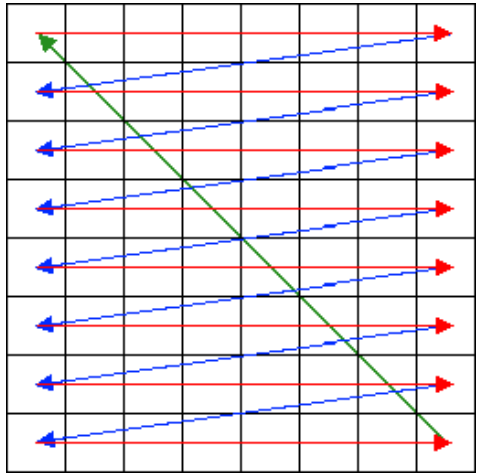
- *Инициализация, Rendering Pipeline*
- *Вывод примитивов, VBO*
- *Shaders*
- *Render Targets*
- *Примеры*



Аппаратные аспекты

Vector vs. Raster





Размер строки в байтах (pitch)

W

H

Видео
память

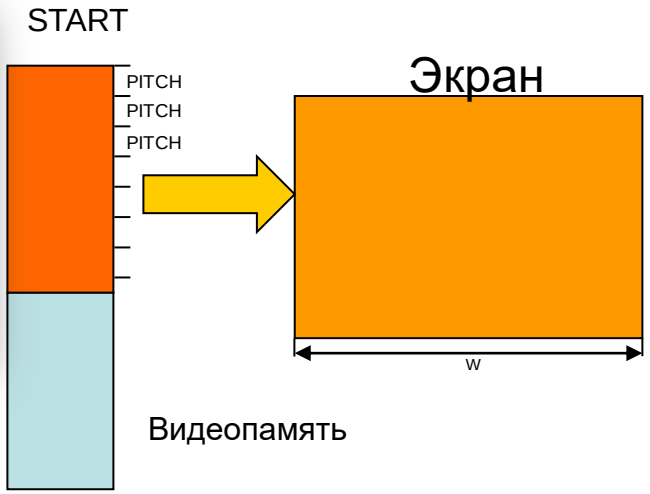
Внеэкранная память

Видеопамять

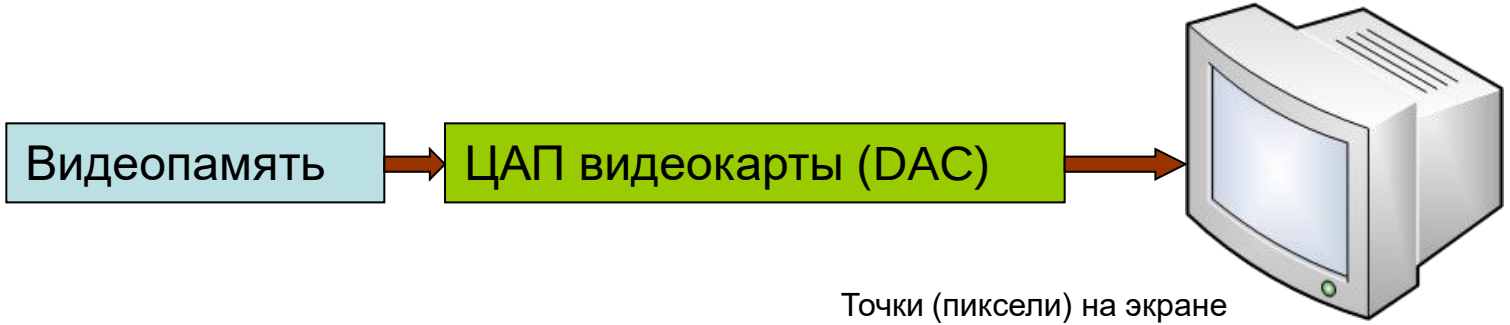
Адресация точек:

Стартовый адрес + Y * Pitch + X

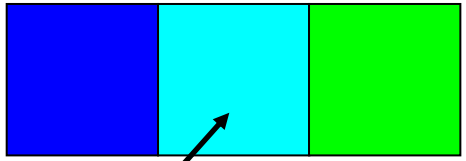
```
#define START ?????
#define PITCH ?????

void DrawPixel( int X, int Y, unsigned long ColorRGB )
{
  *(unsigned long *)(START + Y * PITCH + X) = ColorRGB;
}
```



Цвет: палитра



Точки (пиксели) на экране

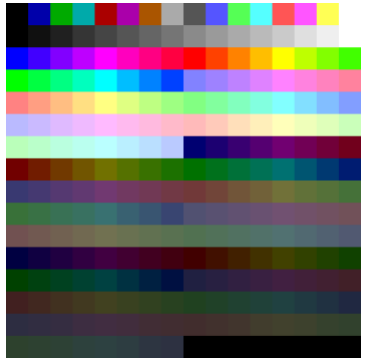


Номера цветов в видеопамяти

1	3	2

Палитра: таблица соответствия цветов

	Red	Green	Blue	
0	0	0	0	
1	0	0	255	
2	0	255	0	
3	0	255	255	
...	...	...	...	
255	127	111	55	



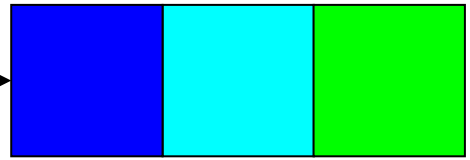
Стандартная палитра VGA

Цвет: TrueColor

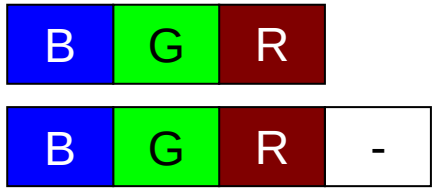
Триады RGB цветов в видеопамяти

0,0,255	0,255,255	0,255,0

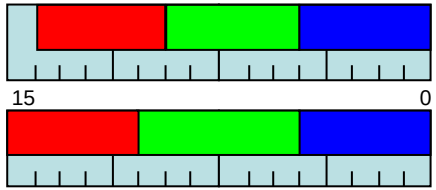
Точки (пиксели) на экране



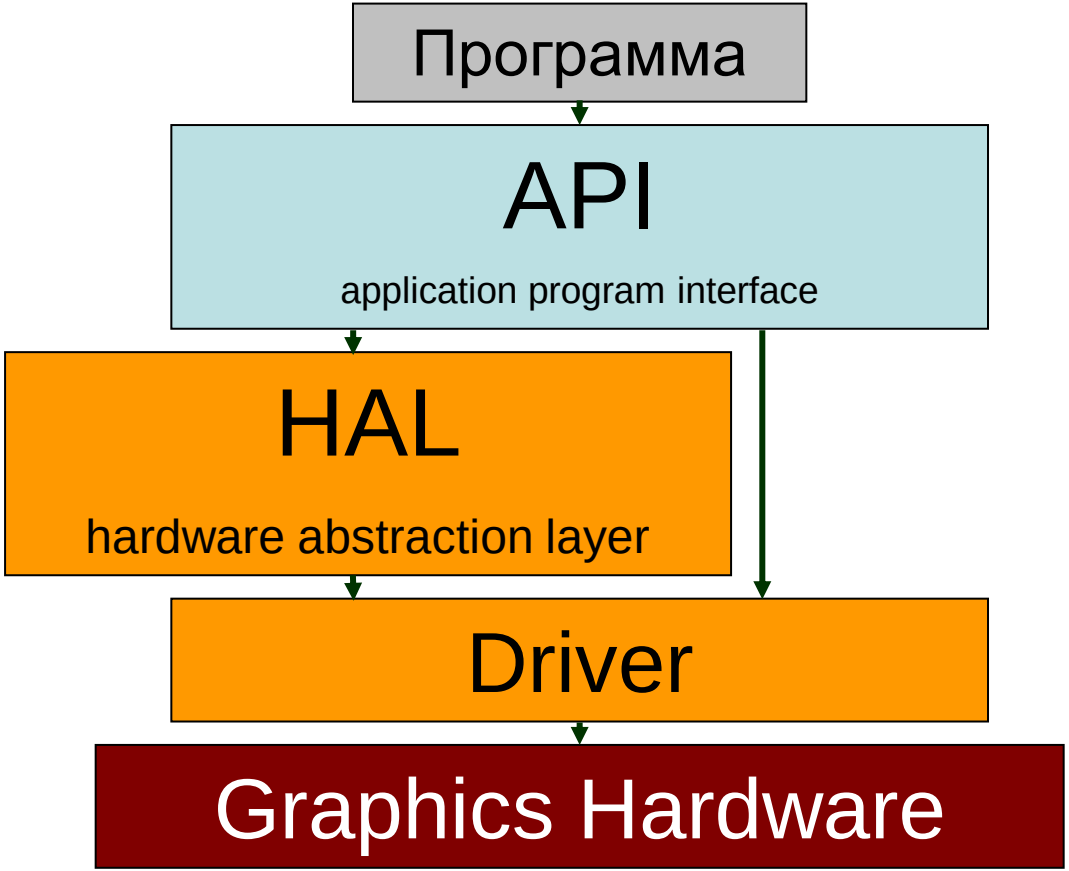
TrueColor: 24/32 бита (8r 8g 8b)



HiColor: 15/16 бит (5r 5g 5b / 5r 6g 5b)



Структура библиотек



Структура библиотек

- Функции рисования линейных объектов (и точек)
  - `Line(x1,y1,x2,y2)` `MoveTo(x,y)` `LineTo(x,y)` `SetPixel(x,y,c)`
- Функции рисования площадных объектов
  - `Rectangle(x1,y1,x2,y2)` `Circle(x,y,r)` `Polygon(points,n)`
- Функции вывода текста
  - `DrawText(x,y,string)`
- Функции задания атрибутов рисования
  - цвета и формы «перьев» для линейных объектов, шаблоны «кистей» для площадных, параметры вывода шрифтов (текста), код логической операции при выводе (`REPLACE`, `OR`, `AND`, `XOR`);
  - управление областями отсечения
- Функции задания преобразований системы координат
- Функции управления буферизацией
  - создание, копирование, уничтожение буферов изображений (bitmaps)

Пример в DOS (прямая запись в память)

```
#define VGA256_MODE 0x13
#define TEXT_MODE   3

void SetMode( int mode )
{
  __asm {
    mov  AX, mode
    int  0x10
  }
}

void PutPixel( int x, int y, int color )
{
  *(unsigned char *)(0xA0000000UL + y * 320U + x) = color;
}

int main( void )
{
  /* Инициализация */
  SetMode(VGA256_MODE);

  /* Отрисовка зеленой точки */
  PutPixel(10, 10, 2);

  sleep(5);
  /* Выход из графического режима */
  SetMode(TEXT_MODE);
  return 0;
}
```

Пример SVGAlib (Linux)

```c
#include <vga.h>

int main( void )
{
  /* Инициализация */
  vga_init();
  vga_setmode(5);

  /* Отрисовка зеленой точки */
  vga_setcolor(2);
  vga_drawpixel(10, 10);

  /* Отрисовка красного отрезка прямой */
  vga_setcolor(4);
  vga_drawline(20, 10, 150, 100);

  sleep(5);
  /* Выход из графического режима */
  vga_setmode(0);
  return 0;
}
```

Пример в WinAPI

```
#include <windows.h>

#define WND_CLASS_NAME "My window class"

/* Ссылка на функцию обработки */
LRESULT CALLBACK MyWindowFunc( HWND hWnd, UINT Msg,
  WPARAM wParam, LPARAM lParam );

/* Главная функция программы */
INT WINAPI WinMain( HINSTANCE hInstance, HINSTANCE hPrevInstance,
                    CHAR *CmdLine, INT ShowCmd )
{
  WNDCLASS wc;
  HWND hWnd;
  MSG msg;

  wc.style = CS_VREDRAW | CS_HREDRAW;
  wc.cbClsExtra = 0;
  wc.cbWndExtra = 0;
  wc.hbrBackground = (HBRUSH)COLOR_WINDOW;
  wc.hCursor = LoadCursor(NULL, IDC_ARROW);
  wc.hIcon = LoadIcon(NULL, IDI_APPLICATION);
  wc.lpszMenuName = NULL;
  wc.hInstance = hInstance;
  wc.lpfnWndProc = MyWindowFunc;
  wc.lpszClassName = WND_CLASS_NAME;

  /* Регистрация класса в системе */
  if (!RegisterClass(&wc))
  {
    MessageBox(NULL, "Error register window class", "ERROR", MB_OK);
    return 0;
  }
```

```
  /* Создание окна */
  hWnd =
    CreateWindow(WND_CLASS_NAME,
      "Title",
      WS_OVERLAPPEDWINDOW,
      CW_USEDEFAULT, CW_USEDEFAULT,
      CW_USEDEFAULT, CW_USEDEFAULT,
      NULL,
      NULL,
      hInstance,
      NULL);
  /* Показать и перерисовать окно */
  ShowWindow(hWnd, SW_SHOWNORMAL);
  UpdateWindow(hWnd);
  /* Цикл обработки сообщений */
  while (GetMessage(&msg, NULL, 0, 0))
    DispatchMessage(&msg);
  return msg.wParam;
} /* End of 'WinMain' function */

/* Функция обработки сообщения окна */
LRESULT CALLBACK MyWindowFunc( HWND hWnd, UINT Msg,
                               WPARAM wParam, LPARAM lParam )
{
  ? ? ?
} /* End of 'MyWindowFunc' function */
```

Пример в WinAPI

```
? ? ? :

  HDC hDC;
  HPEN hPen, hOldPen;

  switch (Msg)
  {
  case WM_KEYDOWN:
    /* Создание контекста */
    hDC = GetDC(hWnd);
    /* Отрисовка зеленой точки */
    SetPixel(hDC, 10, 10, RGB(0, 255, 0));
    /* Создание красного пера */
    hPen = CreatePen(PS_SOLID, 1, RGB(255, 0, 0));
    hOldPen = SelectObject(hDC, hPen);
    /* Отрисовка отрезка прямой */
    MoveToEx(hDC, 20, 10, NULL);
    LineTo(hDC, 150, 100);
    /* Удаление пера */
    SelectObject(hDC, hOldPen);
    DeleteObject(hPen);
    /* Удаление контекста */
    ReleaseDC(hWnd, hDC);
    return 0;
  case WM_DESTROY:
    /* Послать сообщение 'WM_QUIT' */
    PostQuitMessage(0);
    return 0;
  }
  /* Вызов функции обработки сообщений по умолчанию */
  return DefWindowProc(hWnd, Msg, wParam, lParam);
```

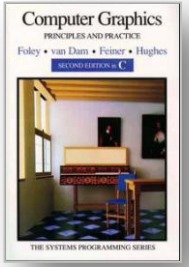
Пример под GLUT и OpenGL

```
#include <glut.h>

void Display( void )
{
  /* Очистка кадра */
  glClear(GL_COLOR_BUFFER_BIT);

  /* Отрисовка зеленой точки */
  glBegin(GL_POINTS);
  glColor3d(0, 1, 0);
  glVertex2d(0.1, 0.1);
  glEnd();

  /* Отрисовка красного отрезка прямой */
  glBegin(GL_LINES);
  glColor3d(1, 0, 0);
  glVertex2d(0.2, 0.1);
  glVertex2d(0.8, 0.5);
  glEnd();

  /* Окончание кадра */
  glFinish();
}

int main( void )
{
  glutInitDisplayMode(GLUT_RGB);
  glutInitWindowPosition(0, 0);
  glutInitWindowSize(500, 500);
  glutCreateWindow("Sample");
  glutDisplayFunc(Display);
  glutMainLoop();
  return 0;
}
```

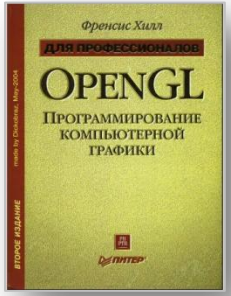
Задание

– Необходимо написать программу-заготовку с использованием любого удобного графического интерфейса (библиотеки или непосредственного рисования на «низком» уровне) для последующих работ по реализации алгоритмов компьютерной графики. Главное требование – наличие функции рисования отдельного «пикселя» с «экранной» точностью (каждая физическая точка экрана задается цветом отдельного «пикселя»)

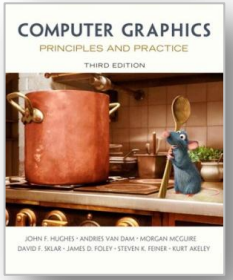
Литература



James D.Foley, Andries van Dam, Steven K. Feiner, John Hughes, "Computer Graphics: Principles and Practice in C (2nd ed.)", Addison-Wesley, 1995



Хилл Ф. "OpenGL. Программирование компьютерной графики. Для профессионалов", Спб.: Питер, 2002



Andries van Dam, David F. Sklar, James D. Foley, John F. Hughes, Kurt Akeley, Morgan McGuire, Steven K. Feiner, "Computer Graphics: Principles and Practice, 3rd Edition", Addison-Wesley Professional, 2013

Блинова Т.А., Порев В.Н. "Компьютерная графика". К.: Издательство Юниор, СПб.: КОРОНА принт. К.: Век+, 2006

Шикин Е.В., Боресков А.В. "Компьютерная графика. Динамика, реалистические изображения«, М.:Диалог-МИФИ, 2001